

FILOZOFSKI FAKULTET U ZAGREBU  
ODSJEK ZA INFORMACIJSKE I KOMUNIKACIJSKE ZNANOSTI  
KATEDRA ZA ARHIVISTIKU I DOKUMENTALISTIKU  
Ak. god. 2016./2017.

## **Digitalizacija prostora**

Diplomski rad

Mentor: izv. prof. dr. sc. Hrvoje Stančić

Student: Jurica Korade

Zagreb, svibanj 2017.

## Sadržaj:

1. Uvod .....	2
2. Definiranje pojma .....	3
3. Načini i tehnike digitalizacije prostora .....	4
3.1. Fotogrametrija .....	4
3.2. 3D digitalizacija pomoću ručnih/stolnih 3D skenera .....	9
3.3. Zemaljsko lasersko skeniranje .....	9
4. Mogućnosti primjene .....	11
5. Projekti .....	13
5.1. Samostan u Pomposi .....	14
5.2. Projekt Paestum .....	16
5.3. The National Gallery of London – virtualna šetnja .....	18
6. Usporedba profesionalnog programa i programa sa otvorenim kodom za digitalizaciju prostora ...	21
6.1. Profesionalni programi - Autopano Giga 4 i Panotour Pro 2.3 .....	21
6.2. Programi sa otvorenim kodom - Dermandar i MakeVT .....	26
7. Zaključak .....	31
8. Sažetak i ključne riječi .....	32
9. Abstract and key words .....	32
10. Izvori .....	33

## 1. Uvod

Shvaćanje uloge arhiva i arhivske službe poprima nova značenja napretkom tehnologije i mogućnostima koje pruža. Do prije par desetaka godina, arhivi su gotovo isključivo čuvali građu u papirnatom obliku, nešto građe u obliku muzičkih zapisa, mikrofilmova, magnetnih vrpce ili filmskih rola, no pretežito, glavni medij je bio papir. Pojavom digitalnih arhiva došlo je do velike promjene, koja sa sobom nosi veliku lepezu mogućnosti, ali i izazova koje moderna arhivska služba treba premostiti. Jedna od mogućnosti koja se otvorila je i digitalizacija prostora pomoću koje je moguće očuvati prikaz nekog prostora do najmanjeg detalja, sa svim karakteristikama arhitekture, planske gradnje, ukrasa i krajobraza. U ovom radu će se pojasniti način na koji ta digitalizacija funkcionira, koje su sve metode koje se koriste u digitalizaciji prostora i koje su im prednosti i mane, te kako ih je najbolje iskoristiti. Također, da ne bi sve ostalo samo u teoriji kao mrtvo slovo na papiru, biti će pobrojani neki od mnogih zanimljivih i vrlo inovativnih projekata u kojima je potencijal digitalizacije prostora iskorišten do maksimuma. Kao istraživački dio ovog rada, dva seta programa za izradu virtualnih šetnji (koje su dio digitalizacije prostora) će biti uspoređeni i opisani - jedan profesionalni za koji je potrebno izdvojiti veću svotu novca, i jedan set koji je besplatan za korištenje. Rezultati rada u tim programima će biti dostupni u obliku slika s opisima i kao mrežne poveznice na gotov proizvod.

## 2. Definiranje pojma

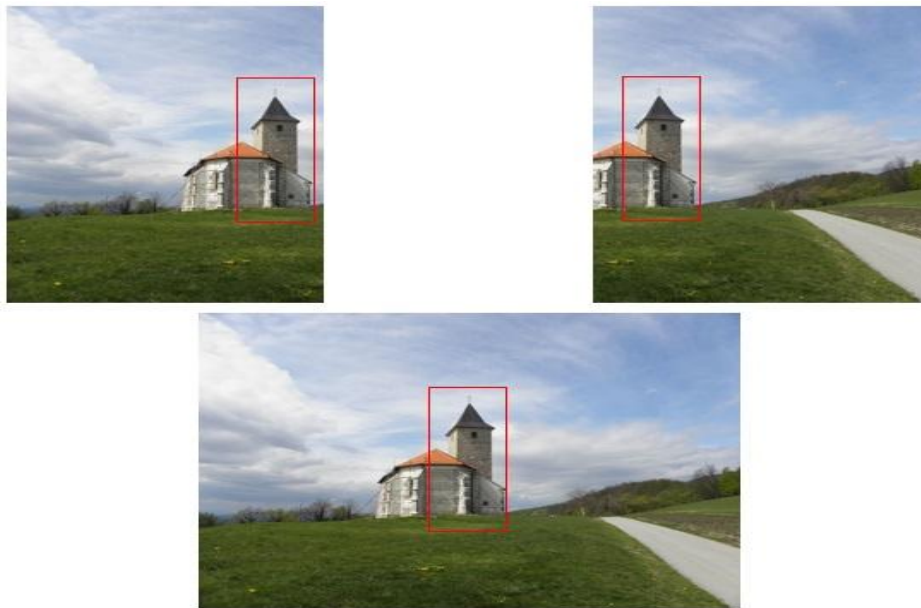
U samom nazivu pojma digitalizacija prostora nalazi se riječ digitalizacija te prije nego što se pojasni na što se točno čitav pojam odnosi, potrebno je objasniti što je to digitalizacija. Naravno, postoji mnogo raznih definicija, no većina ih dijeli istu srž, a to je da je digitalizacija pretvaranje određenog slijeda informacija iz analognog u digitalni oblik, tj. produkt digitalizacije je zapravo elektronički zapis koji predstavlja neki analogni objekt. Tom logikom se lako može zaključiti da je digitalizacija prostora zapravo izrada digitalnog zapisa koji vjerodostojno predstavlja neki prostor u stvarnom svijetu. Ovdje je ključna riječ vjerodostojno, a to znači da nakon što se odradi digitalizacija nekog prostora, konačan proizvod digitalizacije bi trebao u potpunosti odražavati stvaran prostor koji je služio kao predložak. Razlozi koji objašnjavaju tu potrebu za vjerodostojnosti će biti navedeni i pojašnjeni u poglavlju *moгуćnosti primjene*.

Vjerodostojnost se postiže zadovoljavanjem nekoliko kriterija, od kojih je najbitniji odnos veličina i udaljenosti nekog prostora, a zatim što točniji odnos boja i tekstura prostora. U ovom slučaju vidljivo je da se kriteriji zapravo svode na razne odnose, što ne iznenađuje jer se, naposljetku, prostor definira kao „ukupnost odnosa u svim dimenzijama i pravcima“ (Hrvatski jezični portal). Dakle cilj svake digitalizacije prostora je stvoriti takav elektronički zapis koji će što točnije odražavati odnose prostora koji služi kao predložak za digitalizaciju. U biti, stvaranjem takvog preciznog zapisa dobiva se detaljan nacrt koji bi u teoriji mogao omogućiti proučavanje tog prostora bez fizičke prisutnosti na samom lokalitetu ili prostoru, tj. dolazi do oslobađanja od fizičkih i vremenskih ograničenja, no o tome više kasnije u radu.

### 3. Načini i tehnike digitalizacije prostora

#### 3.1. Fotogrametrija

Jedna od glavnih tehnika digitalizacije prostora je svakako fotogrametrija. Jedna je od najstarijih tehnika, no još uvijek se primjenjuje i danas zbog svoje teorijske jednostavnosti i učinkovitosti. Fotogrametriju je Linder jednostavno definirao kao „*znanost mjerenja udaljenosti na fotografijama*“ (Linder, 2016., str. 1). Fotogrametrija se tradicionalno koristi u geodeziji za određivanje raznih udaljenosti među objektima koje se nalaze na zadanom prostoru. Nadalje, Linder dodaje da je „osnovni zadatak (fotogrametrije) odrediti koordinate objekata/točaka prostora na fotografiji iz kojih se tada izračunom mogu dobiti svi geometrijski podaci potrebni za izradu zemljopisnih karata“ (Linder, 2016., str. 1). Dakle, radi se o prostornim odnosima među objektima/točkama na zadanom prostoru. Vrlo je bitno napomenuti da se kod fotografiranja terena na svakoj fotografiji mora nalaziti dio terena koji je fotografiran na prošloj fotografiji jer tako možemo „skrojiti“ dvije fotografije u veću cjelinu. U praksi to znaci da ako se, na primjer, fotografira dio terena koji ima neku prepoznatljivu značajku kao što je crkva, onda se vrh crkvenog tornja može fotografirati te koristiti kao jedna od točaka koje će pomoći odrediti odnose udaljenosti svih ostalih točaka (vidi sliku 1).



Slika 1. Primjer pravilnog korištenja fotogrametrije. Izvor: Planinarsko društvo Stubaki.

<[http://www.zagorjepublic.com/PD\\_STUBAKI/marijanski\\_hodoeasnieki\\_put/PUT\\_BR\\_1/put\\_br\\_1.html](http://www.zagorjepublic.com/PD_STUBAKI/marijanski_hodoeasnieki_put/PUT_BR_1/put_br_1.html)>

Ako su dvije fotografije pravilno fotografirane kao predložak za korištenje fotogrametrije, svaka od njih će sadržavati otprilike trećinu sadržaja/terena koji se nalazi na idućoj i/ili prethodnoj fotografiji. Na taj način se osigurava da postoji dovoljno točaka koje se zatim mogu spojiti na obje fotografije i uspješno odrediti odnose svih ostalih točaka na slici. Na slici 1 vidljivo je da se crkveni toranj nalazi na svakoj slici, uz bližu okolinu, te on predstavlja izrazito kvalitetan izvor dijeljenih točaka na obje fotografije. Štoviše, kada bi prikazali gornje dvije fotografije na grafoliji mogle bi se ručno preklopiti i uskladiti da tvore iluziju veće cjeline kao što je donja fotografija i to bez korištenja računala i ostalih modernih tehnologija.

Naravno, ovo je primjer vrlo jednostavnog korištenja fotogrametrije gdje postoji samo jedan „red“ fotografija koje se spajaju u veću cjelinu. Može se dogoditi da se, na primjer, na ove dvije fotografije još dodaju po dvije koje sadrže nebo iznad crkve i zatim još dvije koje sadrže podnožje brijega. Koliko god fotografija se dodijeli, uvijek će se primijeniti pravilo da svaka fotografija sadrži otprilike trećinu sadržaja/terena s fotografija koje se prostorno nalaze oko nje. Na taj način se može stvoriti iluzija prostora korištenjem računala te „skretati“ pogled posvuda oko izvorne točke gledišta, u svih 360 stupnjeva. Kod digitalizacije prostora, tj. stvaranja spomenute prostorne iluzije, odrediti će se jedna izvorna točka, gledište, s koje će se fotografirati sav prostor oko instrumenta/kamere počevši od tla prema naviše. Koristeći ovu metodu može se napraviti više gledišta koja se nalaze posvuda na zadanom prostoru te ih je korištenjem posebnog programa moguće povezati i omogućiti kretanje između gledišta i tako pružiti korisniku mogućnost promatranja istog prostora sa više gledišta i raznih perspektiva, kao što je prikazano na slici 2. Spajanjem više točaka gledišta u jednu cjelinu i omogućavanjem kretanja između njih, zapravo se stvaraju takozvane virtualne šetnje koje su vrlo pristupačne i jednostavne za korištenje. U Prilogu rada nalazi se i nekoliko poveznica na virtualne šetnje. Zanimljivo je napomenuti da za stvaranje ovakve iluzije prostora nije potrebno ništa više od kvalitetnog fotoaparata, stalka za fotoaparat i programa za izradu virtualnih šetnji.

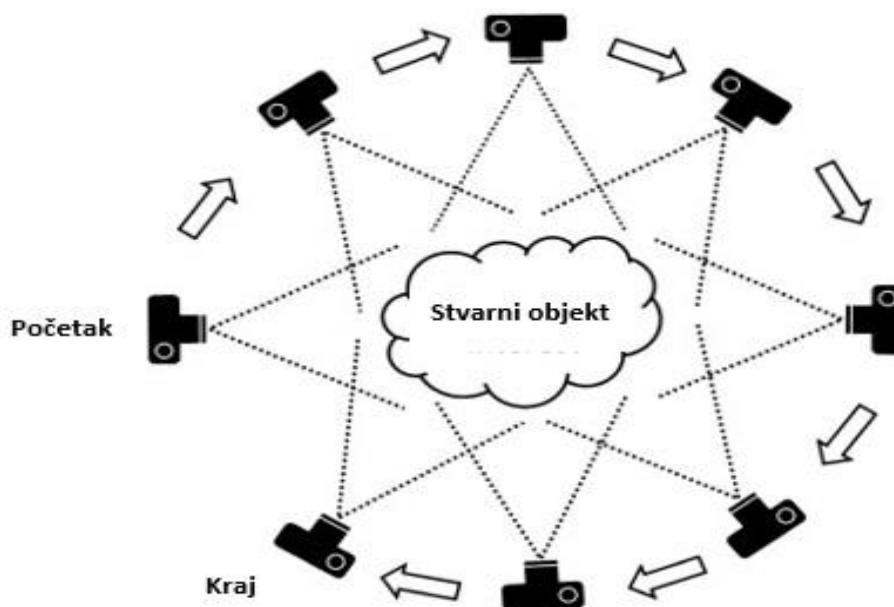


Slika 2. Primjer više gledišta na zadanom prostoru. Izvor: Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation.

<[https://www.itc.nl/guided\\_close\\_range\\_photogrammetry\\_3D\\_modeling](https://www.itc.nl/guided_close_range_photogrammetry_3D_modeling)>

Također, fotogrametriju je moguće koristiti i za stvaranje virtualnih 3D objekata od stvarnih predložaka. Iako se ta metoda koristi primarno na manjim objektima, moguće ju je primijeniti i na građevine i njihovu okolinu te stoga spada u sferu digitalizacije prostora. Štoviše, Linder tvrdi da „ako imamo dvije (ili više) fotografije istog objekta fotografirane iz različitih pozicija, možemo lako izračunati trodimenzionalne koordinate bilo koje točke koja se nalazi na obje fotografije“ (Linder, str. 2). Iako samo par redaka kasnije napominje da „iako se to čini vrlo jednostavno... potrebno je dosta truda za postizanje ovog cilja...“ (Linder, 2016., str.2). Na svu sreću, napretkom tehnologije došlo je do razvoja programa koji sami izračunavaju trodimenzionalne koordinate točaka te uvelike olakšavaju digitalizaciju i objekata i prostora te oslobađaju stručnjake da svu svoju energiju i fokus usmjere na pravilno fotografiranje objekta i/ili prostora da bi se mogli stvoriti što precizniji i kvalitetnije prikazi. Nadalje, kod fotografiranja prostora i stvaranja gledišta koje nam omogućuju pogled od 360 stupnjeva, tzv. panoramski pogled, potrebno je fotografirati mnogo fotografija iz samo jedne točke, dok je kod digitalizacije objekata princip obrnut. Dakle, potrebno je fotografirati po jednu fotografiju iz što je više moguće raznih kutova, tj. gledišta, oko zadanog objekta (slika 3) da bi se osigurao kvalitetan

konačan proizvod. Prije spomenuti princip trećine također vrijedi i u ovoj metodi.



Slika 3. Teorijski prikaz primjene fotogrametrije na stvarnom objektu. Izvor: Science Direct.

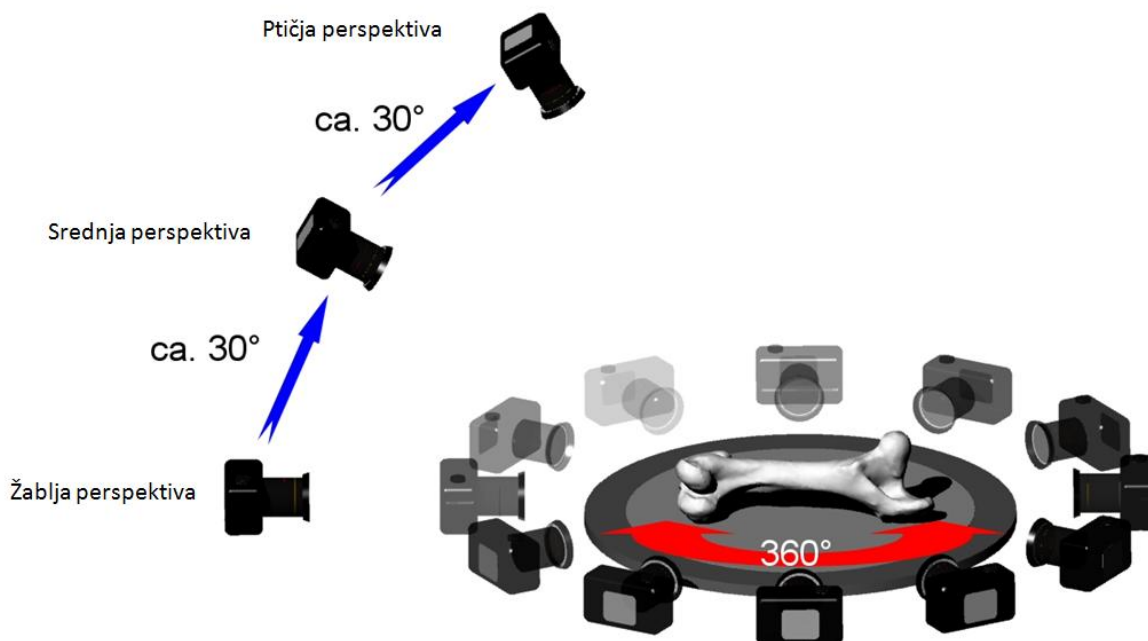
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169555X12004217> >

Kao što je vidljivo na slici 3, potrebno je odrediti polazišnu točku s koje će se fotografirati objekt, te iako ne postoji neko univerzalno pravilo, logično je da će se objekt početi fotografirati od njegova lica/naličja. Na primjer, ako se fotografira neki znameniti kip, početna fotografija će se fotografirati tako da kip „gleda“ u objektiv fotoaparata. Ako se pak fotografira neka poznata građevina, početi će se od glavnih ulaznih vrata i zatim se kretati u smjeru kazaljke na satu. Na slici 3 su vidljive isprekidane crte koje predstavljaju spektar vidljivog na pojedinoj fotografiji i jasno se vidi da se te crte preklapaju i da je princip trećine zadovoljen.

Ono što se ne vidi na slici 3 je činjenica da se pojedini objekt treba fotografirati iz više kutova i to ne samo na horizontalnoj osi, već i na vertikalnoj, tj. potrebno ga je fotografirati sa različitih visina i perspektiva. Za većinu (manjih) objekata dovoljne su tri visinske perspektive (slika 4), počevši sa klasičnom „žabljom“ perspektivom, gdje se objekt i/ili prostor fotografira sa gledišta koje je što bliže tlu, a koje prikazuje što je više moguće površine objekta. Zatim se fotografira sa „srednje“ perspektive koja je otprilike ista kao i polovina ukupne visine objekta, na primjer, ako je objekt u pitanju kip visine dva metra, fotografirati će se s visine od jednog metra, što



predstavlja zamišljenu visinsku sredinu objekta. Naposljetku, fotografirati će se iz „ptičje“ perspektive, tako da se vidi čitavi gornji dio objekta. Princip trećine također valja primijeniti i na vertikalnoj osi, jer se mora imati na umu da se fotografije spajaju u veću cjelinu na obje osi i na taj način se osigurava kvalitetan konačan proizvod. U ovom slučaju je to digitalni prikaz 3D objekta koji se izrađuje u posebnom programu koristeći predloške dobivene fotogrametrijom.



Slika 4. Visinske perspektive fotografiranja manjih objekata. Izvor: Dinosaurpalaeo.

<<https://dinosaurpalaeo.wordpress.com/2013/12/20/photogrammetry-tutorial-3-turntables/>>

Kao što je vidljivo na slici 4, objekt je potrebno fotografirati 12 puta da bi se zatvorio kut od 360° što znači da se kameru pomiče za 30° ulijevo nakon svake fotografije čime se osigurava da je princip trećine zadovoljen. Taj postupak se mora ponoviti za svaku visinsku perspektivu, iako, ovisno o samom objektu, ponekad je moguće povećati kut između gledišta i time smanjiti broj fotografija na nekoj visinskoj perspektivi. Dakle, ukoliko se slika 4 uzme kao primjer fotogrametrije manjeg objekta, nakon fotografiranja objekta na sve tri visinske perspektive i sa svih strana tog objekta, dobiva se 36 fotografija na kraju procesa fotografiranja objekta.

Tih 36 fotografija se koristi kao predložak za programe koji će ih spojiti u 3D digitalni prikaz fotografiranog objekta, no o samim programima će biti više govora kasnije u radu.

### **3.2. 3D digitalizacija pomoću ručnih/stolnih 3D skenera**

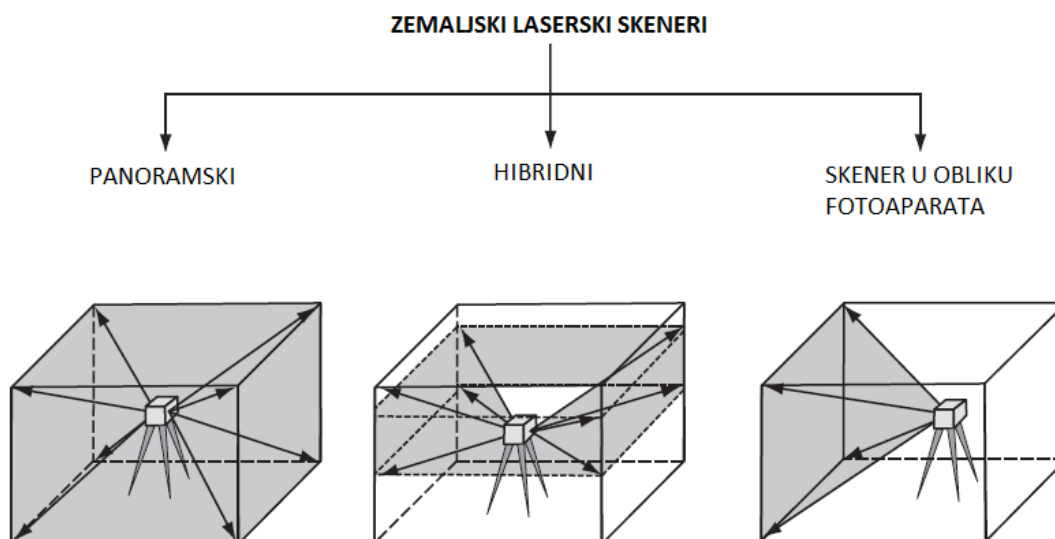
Nakon fotogrametrije, koja je, kako je spomenuto, jedna od starijih metoda za koju nije potrebno mnogo skupe (relativno govoreći) opreme i programa, postoji i metoda novijeg datuma nastanka – 3D digitalizacija pomoću ručnih/stolnih 3D skenera. Za ovu metodu je potreban 3D skener, kojih je mnogo vrsta i proizvođača, i program za obradu skeniranog objekta. Glavna razlika između ove metode i fotogrametrije je ta što je predložak dobiven ovom metodom od samog početka 3D prikaz, dok se fotogrametrijom može dobiti 3D prikaz na samom kraju procesa kao konačan proizvod. Dakle, može se reći da 3D digitalizacija pomoću skenera preskače nekoliko koraka u izradi 3D prikaza objekta i/ili prostora.

No, je li to uistinu tako? Pojednostavljeno objašnjenje bi bilo da su 3D skeneri zapravo sinergija kamere, stalka i programa za spajanje fotografija u 3D prikaz objekta i/ili prostora, a to znači da ti skeneri ne preskaču nekoliko koraka izrade, već ih spajaju u jedan korak, tj. jednu fazu izrade 3D objekta i/ili prostora. No, kako se ovi skeneri koriste pretežito za digitalizaciju manjih objekata, neće biti opisani u detalje.

### **3.3. Zemaljsko lasersko skeniranje**

Posljednja metoda koja će biti objašnjena u ovom radu je zemaljsko lasersko skeniranje (Terrestrial Laser Scanning – TLS). To je jedna od najnovijih i najnaprednijih metoda za digitalizaciju prostora i potrebna je vrlo skupa i osjetljiva tehnologija za njenu primjenu. Petrie i Toth objašnjavaju da je osnova ove metode u tome što „...laserski skener omogućuje automatsko mjerenje i lociranje desetaka ili tisuća ili milijuna nasumičnih točaka u prostoru koji okružuje postavljeni instrument, a sve u vrlo kratkom roku.“ (Petrie, Toth, 2009., str. 88). Koliko je ova tehnologija napredna govori i činjenica da se većinom koristi pri digitalizaciji terena iz zraka, tj. instrument je pričvršćen na letjelicu koja zatim kruži iznad zadanog prostora. Petrie i Toth (2009., str 89.) navode da se TLS instrument mogu podijeliti u dvije glavne skupine:

statične i dinamične. Statični, kako im i samo ime govori, su nepomični pri digitalizaciji, tj. ne pomiču se kroz prostor koji digitaliziraju. Ti instrumenti predstavljaju tradicionalniji pristup digitalizaciji prostora te se postavljaju na stalak i zatim se putem lasera simultano mjeri udaljenost i kut neke točke u odnosu na instrument. No, postoje tri različite vrste statičnih skenera, a svaki od njih drugačije mjeri udaljenost i kut, kao što je prikazano na slici 5:



Slika 5. Podjela statičnih skenera na panoramski, hibridni i kamera skener (Steiger,2003). Izvor: FIG.

<[https://www.fig.net/resources/proceedings/fig\\_proceedings/morocco/proceedings/TS12/TS12\\_3\\_staiger.pdf](https://www.fig.net/resources/proceedings/fig_proceedings/morocco/proceedings/TS12/TS12_3_staiger.pdf)>

Panoramski skener je specifičan po tome što je u mogućnosti napraviti tzv. hemisferu prostora koja uključuje sav prostor unutar  $360^\circ$  na horizontalnoj osi i  $180^\circ$  na vertikalnoj osi. Jedini prostor koji takav skener ne može dohvatiti je prostor na kojemu se nalazi stalak samog instrumenta. Ovakvi skeneri se najčešće koriste pri digitalizaciji velikih industrijskih postrojenja, skladišta, pa čak i unutrašnjosti crkava i ostalih velikih prostorija.

Hibridni skener ima neograničen pregled prostora na samo jednoj, najčešće horizontalnoj, osi, dok je na vertikalnoj osi ograničen na pregled od  $60^\circ$ . Takav skener se zbog toga neće koristiti za digitalizaciju visokih objekata poput zgrada, već je najpogodniji za topografska snimanja terena.

Naposljetku, skener u obliku fotoaparata je najviše ograničen što se tiče polja preglednosti od sve tri vrste statičnih skenera i najbližiji je tradicionalnom fotoaparatu koja se koristi u fotogrametriji. Ovakav skener ima mogućnost pregleda i mjerenja od samo 40° na obje osi što ga uvelike ograničava, no sukladno tome, i najpristupačniji je cijenom.

Za razliku od statičnih TLS skenera, gdje je podjela poprilično jasna, podjela dinamičnih TLS skenera je vrlo složena zbog same činjenice da način na koji ti skeneri rade uvelike ovisi o samom vozilu ili letjelici i projektu kojem su namijenjeni. Petrie i Toth su ih ugrubo podijelili po vrsti namjene na: komercijalne sustave, sustave izrađene po narudžbi, kućne sustave i sustave izrađene za potrebe istraživanja (Petrie i Toth, *Terrestrial Laser Scanning*, str. 112-126). Primjer komercijalnog dinamičnog TLS skenera je ILRIS-3D sistem tvrtke Optech koji se može koristiti za mapiranje i digitalizaciju prometnica ili velikih otvorenih prostora poput kamenoloma. Ostali dinamični sustavi su vrlo specifični i u većini slučajeva su rezultat spajanja i nadogradnje postojećih sustava kako bi zadovoljili potrebe digitalizacije prostora nekog specifičnog projekta.

#### **4. Mogućnosti primjene**

Razvijanjem tehnologija poput TLS-a i sve većom automatizacijom digitalizacije prostora otvaraju se mnoge mogućnosti za digitalizaciju prostora u svrhu arhiviranja i očuvanja izvornog stanja mnogih povijesnih nalazišta i građevina. Kao što je spomenuto, TLS tehnologija je u stanju precizno pozicionirati milijune točaka na nekom prostoru što omogućuje da se napravi detaljan digitalni prikaz nekog nalazišta te da ga je moguće sačuvati i u slučaju neke nepogode obnoviti u izvorno stanje. Razloga za digitalizaciju prostora je mnogo, a El-Hakim, Beraldin, Picard i Godin (2004, str. 21) su pobrojali neke od najbitnijih:

1. dokumentiranje povijesnih građevina i objekata radi rekonstrukcije ili restauracije u slučaju požara, potresa, poplave, rata, erozije nastale vremenom...,
2. stvaranje edukacijskih resursa za studente i znanstvenike koji se bave povijesti i kulturom,
3. omogućavanje rekonstrukcije povijesnih spomenika koji više ne postoje ili su samo djelomično očuvani,

4. vizualiziranje scena sa gledišta koja bi bilo vrlo teško postići u stvarnom svijetu zbog veličine ili pristupačnosti spomeniku/nalazištu,
5. interakciju sa objektima bez straha od oštećenja,
6. stvaranje virtualnih šetnji i virtualnih muzejskih izložbi,

Uzme li se za primjer nedavno uništavanje ostataka drevnog grada Palmire (slika 6) u Siriji od strane tzv. Islamske države postaje sasvim jasna potreba za očuvanjem takvih povijesnih nalazišta na bilo koji način.



Slika 6. Palmira prije razaranja. Izvor: Reuters.

<http://www.reuters.com/news/picture/palmyra-before-and-after-isis?articleId=USRTSCQPG>

Iako se digitalizacijom Palmire bi direktno očuvalo samo izvorno nalazište, za sve buduće generacije bi ipak ostao vrlo detaljan prikaz kako je to nalazište izgledalo, a istraživači bi i dalje mogli koristiti taj prikaz za svoj rad. Štoviše, kada se napetosti i rat na tom prostoru smire, postojala bi i mogućnost obnove nalazišta do najmanjeg detalja zahvaljujući digitalizaciji.

Također, bitna stavka na ovoj listi je svakako i činjenica da se digitalizacijom spomenika ili nalazišta stvara resurs koji ne samo da omogućuje velikom broju ljudi da pristupa virtualnom prikazu nalazišta, nego i samo izvorno nalazište time bolje čuvamo jer znanstvenici ne moraju

svaki put biti fizički prisutni na samom prostoru. Koliko god oni bili pažljivi, morat će se kretati po nalazištu, hodati po kamenu, rukama dirati dijelove konstrukcije i objekte, te ukratko, ubrzavati proces erozije samog nalazišta ili spomenika. Dakle, digitalizacijom su obje strane na dobitku – znanstvenici ne moraju trošiti sredstva na put do nalazišta i nazad čime ista sredstva za sam akademski i znanstveni rad. S druge strane, manje novca se mora uložiti u obnovu i očuvanje nalazišta izgradnjom posebnih platformi za hodanje, zaštitnih ograda i slično.

No, kao i za sve ostale ljudske djelatnosti, pitanje financiranja i isplativosti se također nameće pri digitalizaciji. Prije par desetaka godina digitalizacija je bila izuzetno skup i dugotrajan pothvat jer je bilo potrebno puno stručnjaka koji su morali posvetiti mnogo vremena nekom projektu, jer kako je spomenuto, fotogrametrija je u svojim počecima bila izuzetno kompleksna i zahtjevna. Napretkom tehnologije dolazimo do stanja kakvo je danas pri digitalizaciji prostora – najskuplja stavka više nisu sami stručnjaci i njihovi radni sati, već sustavi, tj. tehnologija potrebna za digitalizaciju. Današnji sustavi su većinom automatizirani i sami su sposobni prikupiti i pozicionirati sve točke zadanog prostora. Na stručnjacima je da se pobrinu da uređivanje i „dotjerivanje“ prikupljenih podataka te da ih organiziraju u koherentne cjeline i pripreme za krajnje korisnike, bili oni istraživači/znanstvenici ili posjetitelji virtualnih izložbi.

## **5. Projekti**

U ovom dijelu rada će biti riječi o nekoliko odabranih projekata koji se bave digitalizacijom prostora, a kod svakog od njih ćemo vidjeti različit pristup digitalizaciji, različite tehnologije, metode i načine rješavanja problema. Digitalizacija prostora je još uvijek itekako u razvoju i tek se budi svijest o mogućnostima koje pruža za očuvanje i proučavanje povijesnih spomenika i nalazišta.

## 5.1. Samostan u Pomposi

Ovim projektom bave se četvorica znanstvenika, članova Nacionalnog istraživačkog vijeća Kanade, koji su već bili spomenuti u radu: El-Hakim, Beraldin, Picard i Godin. Radili su na projektu digitalizacije samostana iz sedmog stoljeća u Pomposi (Italija) koji predstavlja vrlo bitan dio benediktinske povijesti. Nadalje, sama arhitektura samostana je relativno jednostavna, sa puno ravnih ploha i pravokutnih oblika (slika 7), no sa izrazito mnogo zidnih detalja i ukrasa.



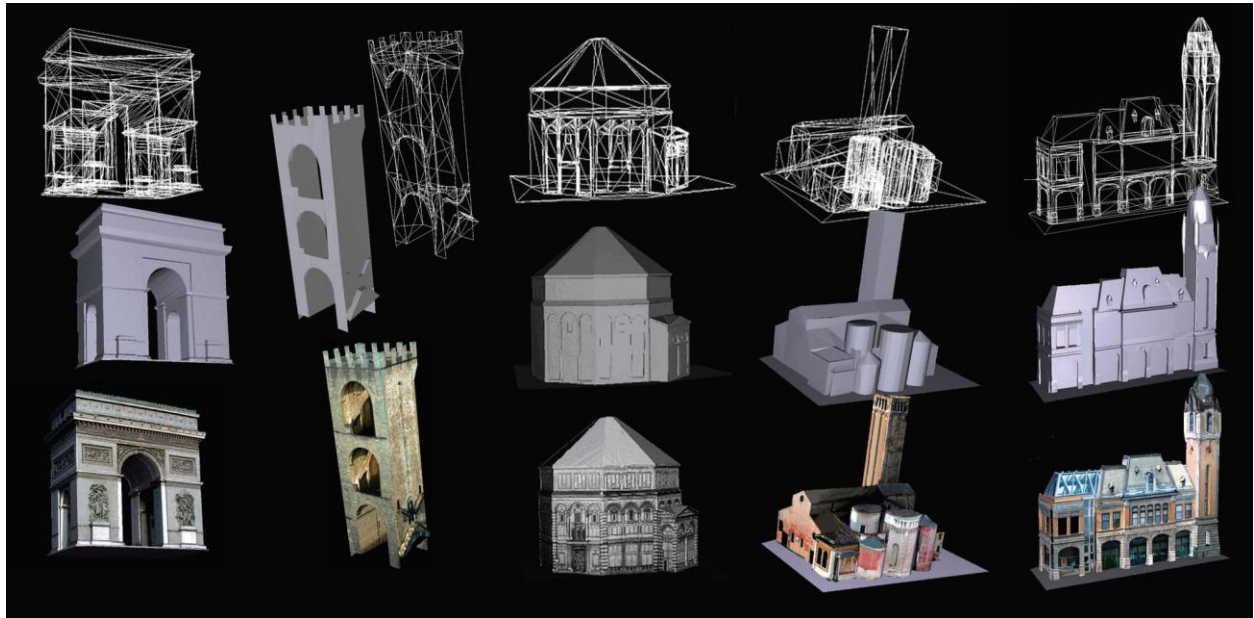
Slika 7. Samostan u Pomposi fotografiran iz zraka. Izvor: Ferrara.

<<http://www.ferradeltapo-unesco.it/en/paesaggioculturale/abbaziapomposa/>>

Upravo su ti zidni detalji i ukrasi predstavljali najviše problema pri digitalizaciji jer su se autori projekta isprva odlučili za TLS metodu, jer je ta metoda pogodnija za veća i kompliciranija zdanja, poput spomenutog samostana. No, TLS metoda ne može predočiti fine detalje i teksturu površine, kao što je to slučaj sa fotogrametrijom. Autori projekta su stoga zaključili da: "... (je) očito da nijedna (od spomenutih metoda) nije u stanju ispuniti sve zahtjeve (digitalizacije) kompleksne okoline kao što je ovakvo kulturno zdanje." (El-Hakim, 2004., str. 23). Njihovo rješenje je bila kombinacija ovih dvaju metoda, tj. od svake metode su iskoristili najbolje.



Ukratko, za početak su koristili TLS metodu da odrede sve bitne točke i naprave svojevrsan kostur sastavnih dijelova građevine, čime su osigurali vjerodostojnost odnosa veličina (slika 8). Zatim su upotrijebili profesionalan fotoaparatuske rezolucije kojom su fotografirali svaki sastavni dio građevine po svim pravilima fotogrametrije. Nakon što su izradili 3D objekt svakog sastavnog dijela dodali su snimljene fotografije kao svojevrsnu naljepnicu (teksturu) na taj objekt i time stvorili uvjerljivu repliku stvarnog stanja.



Slika 8. Primjer tehnike spajanja TLS metode i fotografija kao teksture. Izvor: Semantic Scholar.

<<https://pdfs.semanticscholar.org/e4c5/d7d9d57d1914766280b2c93c15ba9ee41c6d.pdf>>

Njihova kombinirana tehnika je također zanimljiva jer ima podjednak omjer automatizacije i ručnog rada od strane samih stručnjaka. TLS skeneri, kao što je bilo spomenuto, su vrlo automatizirani i nakon što se postave u prostor, potrebno je vrlo malo ljudske intervencije, no najviše radnih sati je utrošeno upravo na dodavanje teksture, tj. fotografija na kostur da bi se stvorio uvjerljiv 3D prikaz. Uzme li se u obzir da je njihova tehnika bila nekonvencionalna, i da predstavlja sinergiju između dvije vrlo različite metode, ovaj projekt predstavlja zanimljiv pristup digitalizaciji jednog kompleksnog povijesnog zdanja.



## 5.2. Projekt Paestum

Ovaj projekt je također proveden na prostoru Italije, na drevnim ostacima grada Paestum kojeg su osnovali Grci oko šesto godina prije Krista. Samo nalazište je uvršteno na UNESCO-v popis svjetske baštine 1998. godine i izrazito je zanimljivo zbog činjenice da je sam grad mijenjao naziv, izgled i stanovništvo nekoliko puta kroz povijest, te je bio napušten početkom Srednjeg vijeka i time je sačuvana autentičnost Antike. Grad je ponovno otkriven u 18. stoljeću i zbog svoja tri, relativno dobro očuvana, hrama je postao vrlo vrijedan kao povijesno nalazište (slika 9).



Slika 9. Povijesno nalazište Paestum sa tri antička hrama. Izvor: Starwarslocations.

<[http://www.starwarslocations.com/swarchive/EuroTunisiaTrip/images/2000-10-12/10-12\\_10.jpg](http://www.starwarslocations.com/swarchive/EuroTunisiaTrip/images/2000-10-12/10-12_10.jpg)>

Kao što je bio slučaj s Pomposom, i ovdje je korištena kombinacija fotografiranja i TLS metode zbog same veličine prostora, koji je nekoć bio čitav grad, sa tržnicama, trgovima, hramovima, pa čak i zidinama, ali i zbog antičkog načina gradnje hramove koji uključuje mnoštvo stupova. Ono što je različito od metoda korištenih u Pomposi je primjena bespilotne letjelice za fotografiranje i mjerenje (slika 10) koja predstavlja sam vrh tehnologije kada se radi o digitalizaciji prostora.

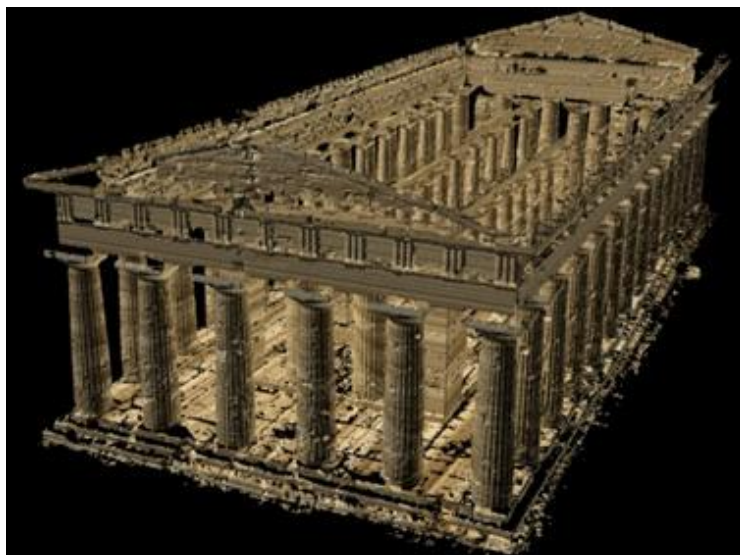
Autori tako navode da je „... bespilotna letjelica tipa MD4-1000 izgrađena isključivo od karbonskih vlakana sa maksimalnom nosivošću od 1,2 kilograma. U nekim slučajevima je nosila Olympus E-P1 kameru... a u nekim Olympus XZ-1 fotoaparatom. Dugotrajnost leta bespilotne letjelice ovisi o opterećenosti teretom, vjetru i baterijama, no u optimalnim uvjetima može postići otprilike 70 minuta leta. Bespilotna letjelica može letjeti navođena daljinskim upravljanjem ili samostalno, uz pomoć GPS Waypoint navigacijskog sistema.“ (Fiorillo, Remondino, Barba, Santoriello, De Vita, Casellato, 2013, str. 134.). Ova letjelica zapravo radi po istom principu po kojem bi čovjek morao fotografirati neki manji objekt kako bi dobio sve potrebne fotografije za izradu kvalitetnog 3D prikaza tog objekta. Dakle, letjelica obilazi hram u smjeru kazaljke na satu i fotografira ga po pravilu trećine, zatim se prebacuje na višu poziciju i počinje ponovo i tako nekoliko puta.



Slika 10. Bespilotna letjelica u letu korištena na projektu Paestum. Izvor: Researchgate.

<[https://www.researchgate.net/publication/274676682\\_3D\\_DIGITIZATION\\_AND\\_MAPPING\\_OF\\_HERITAGE\\_MONUMENTS\\_AND\\_COMPARISON\\_WITH\\_HISTORICAL\\_DRAWINGS](https://www.researchgate.net/publication/274676682_3D_DIGITIZATION_AND_MAPPING_OF_HERITAGE_MONUMENTS_AND_COMPARISON_WITH_HISTORICAL_DRAWINGS)>

Zatim, sve se slike obrađuju u programu i dodaju na kostur koji je izmjereno pomoću TLS laserskih skenera i time se dobiva cjelovit 3D model koji se može spojiti sa ostalim modelima i pozicionirati u digitalnom prostoru kako bi se stvorila uvjerljiva iluzija prostora (slika 11).



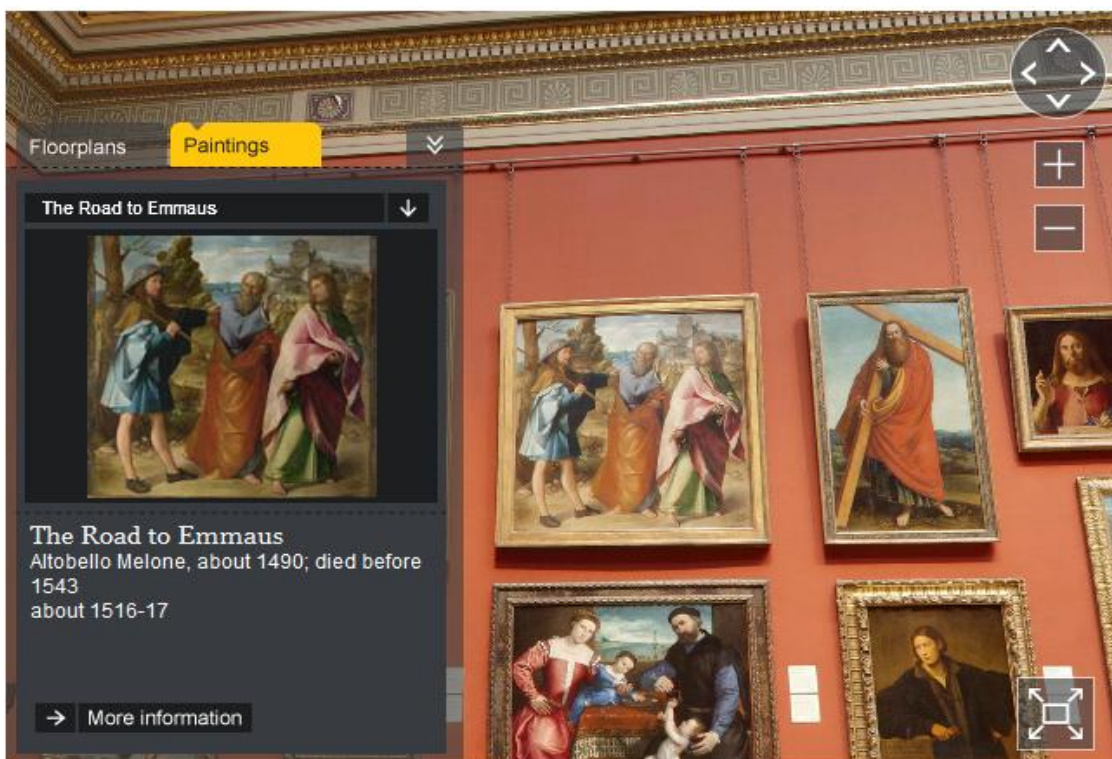
Slika 11. 3D prikaz Neptunova hrama u Paestumu. Izvor: Researchgate.

[https://www.researchgate.net/publication/274676682\\_3D\\_DIGITIZATION\\_AND\\_MAPPING\\_OF\\_HERITAGE\\_MONUMENTS\\_AND\\_COMPARISON\\_WITH\\_HISTORICAL\\_DRAWINGS](https://www.researchgate.net/publication/274676682_3D_DIGITIZATION_AND_MAPPING_OF_HERITAGE_MONUMENTS_AND_COMPARISON_WITH_HISTORICAL_DRAWINGS)

Ono što je također zanimljivo kod ovog projekta je to što je jedan od prvotnih ciljeva digitalizacije bila usporedba stvarnog arhitektonskog stanja hramova sa nacrtima i skicama iz prošlih stoljeća. Nadalje, autori su se odlučili na preklapanje dobivenih modela preko spomenutih skica da vide koliko su precizno uspjeli rekonstruirati modele i shvatili su da je njihova metoda bila potpuni uspjeh, bez ikakvih vidljivih odstupanja.

### 5.3. The National Gallery of London – virtualna šetnja

Ovaj projekt je nastao u Londonu, Nacionalnoj galeriji kao pokušaj približavanja umjetničkih djela, u ovom slučaju slika, široj javnosti. Zamišljen je kao virtualna šetnja kroz 18 soba ove institucije u kojima su izložene slike i gdje su korisniku dane dodatne opcije poput odabira pojedinih slika sa zidova te njihova kratkog opisa i poveznice na opširniji opis (slika 12). Dodana je i opcija zumiranja na pojedine slike radi boljeg proučavanja, a neke slike se čak u potpunosti mogu staviti u prvi plan i prekriti ekran.

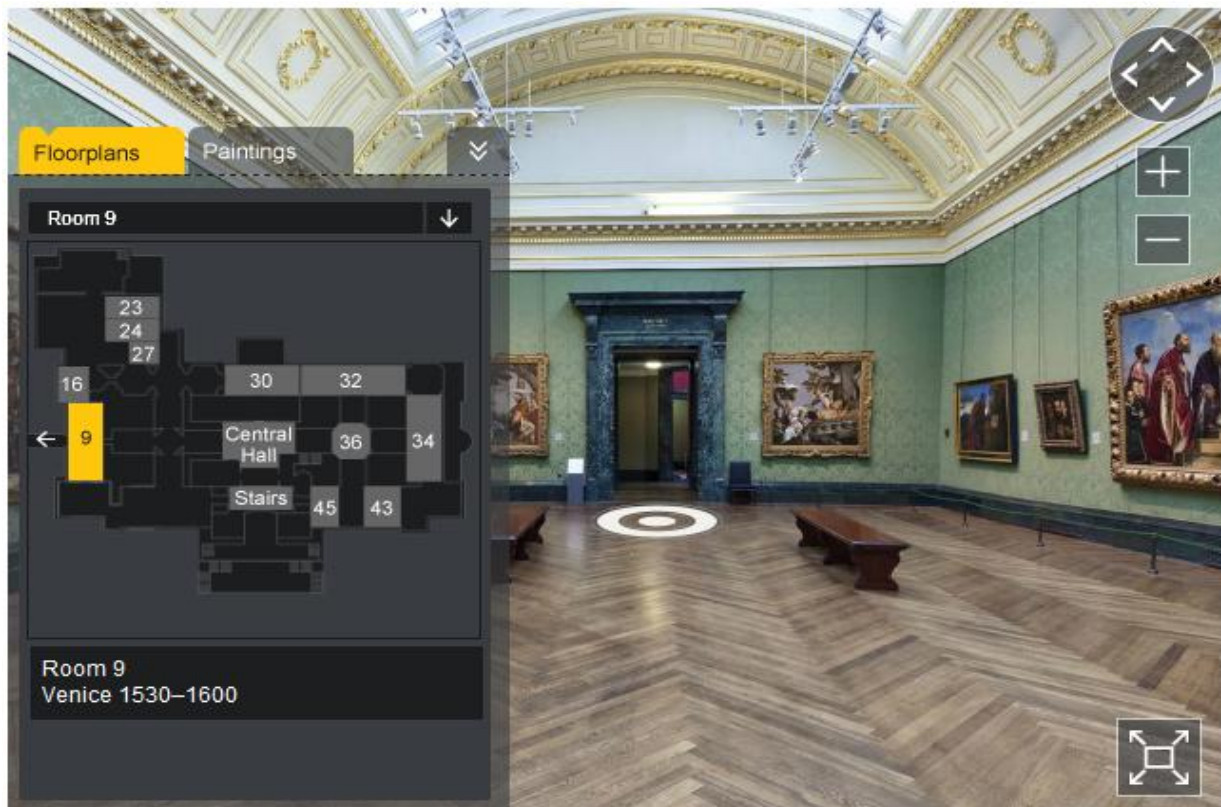


Slika 12. Korisničko sučelje virtualne šetnje sa dodatnim podacima za odabranu sliku. Izvor: The National Gallery of London.

<<https://www.nationalgallery.org.uk/visiting/virtualtour/#/central-hall>>

Također, korisnik ima punu kontrolu nad kretanjem kroz izložbu što je postignuto postavljanjem više točaka gledišta u prostorije. Te točke gledišta su u ovom slučaju vidljive kao bijeli krug s bijelom točkom u sredini i samim klikom na takav objekt u virtualnoj šetnji se možemo pomicati između raznih gledišta. Štoviše, korisniku je ponuđen i plan sa svim prostorijama te se lako može kretati između njih klikom na željenu sobu (slika 13).





Slika 13. Točka gledišta i plan prostorija kojima se možemo kretati u virtualnoj šetnji. Izvor: The National Gallery of London.

<<https://www.nationalgallery.org.uk/visiting/virtualtour/#/central-hall>>

Ono što ovaj projekt čini drukčijim od prva da opisana u ovom radu je činjenica da je za njegovu izradu korištena samo fotogrametrija i da konačan produkt nije 3D prikaz prostora, dakle, ne postoji onaj „kostur“ koji je prisutan u prva dva projekta. Štoviše, sama činjenica da je za izradu ove virtualne šetnje korištena samo fotogrametrija nam govori da je ovaj projekt jednostavniji i manje zahtjevan od prijašnjih. Za ovaj projekt je bilo potrebno nabaviti (samo) fotoaparat, stalak i kvalitetan program za izradu virtualnih šetnji, kojih danas ima relativno kvalitetnih i u besplatnim punim verzijama. Dakle, nisu bili potrebni kompleksni TLS skenerski sustavi, mnoštvo stručnjaka, napredne tehnologije poput bespilotnih letjelica ili mnoštvo radnih sati uložениh u sam projekt. Ovakav projekt je moguće izvesti uz samo jednog stručnjaka za fotogrametriju i izradu ovakvih virtualnih šetnji što uvelike povećava dostupnost izrade virtualnih šetnji institucijama diljem svijeta. Također, jednom kada je virtualna šetnja izrađena dobivamo vrlo kvalitetnu digitalnu arhivsku građu, no, uvijek možemo mijenjati izgled i sadržaj virtualne šetnje u novijim verzijama kako bismo ostali u toku sa trenutnim postavom.

## **6. Usporedba profesionalnog programa i programa sa otvorenim kodom za digitalizaciju prostora**

U posljednjem djelu ovog rada dva različita programa za digitalizaciju prostora će biti uspoređena na temelju njihovih mogućnosti, opcija i učinkovitosti. Metoda korištena za izradu ovih panorama i virtualnih šetnji je fotogrametrija, a konačan proizvod nije 3D prikaz. Nadalje, Svaki od ta dva programa se zapravo sastoji od dva zasebna programa, od kojih se jedan program koristi za spajanje fotografija (engl. image stitching) u panorame, a drugi se koristi za spajanje tih panorama u virtualnu šetnju i dodavanje korisničkih opcija. Najprije će biti objašnjen profesionalni par programa, za koji je potrebno izdvojiti 698,96 eura za poslovne korisnike, odnosno 387,96 eura za akademske institucije, a radi se o Autopano Giga 4<sup>1</sup> programu, koji se koristi za izradu panorama, i Panotour Pro 2.3<sup>2</sup> programu, koji se koristi za izradu virtualnih šetnji. Nakon toga će uslijediti opis dvaju besplatnih programa, tj. mrežnih servisa, od kojih se Dermandar<sup>3</sup> koristi za izradu panorama, a MakeVT<sup>4</sup> za spajanje tih panorama u virtualnu šetnju. Fotografije korištene kao predložak za rad u ovim programima su snimljene na izložbi Abeceda novca u Tehničkom muzeju Nikola Tesla u Zagrebu radi izrade virtualne šetnje spomenute izložbe. Rad s profesionalnim programima je omogućen zahvaljujući Odsjeku za informacijske i komunikacijske znanosti Filozofskog fakulteta u Zagrebu, a pod mentorstvom izv. prof. dr. sc. Hrvoja Stančića i izv. prof. dr. sc. Nives Mikelić Preradović. Radi jednostavnosti će se koristiti samo fotografije snimljene s dvije točke gledišta (engl. hotspot), od kojih je jedna točka gledišta u jednoj od prostorija sa eksponatima, a druga u hodniku odmah ispred te prostorije.

### **6.1. Profesionalni programi - Autopano Giga 4 i Panotour Pro 2.3**

Prije nego možemo krenuti u izradu virtualne šetnje, potrebno je pravilno odraditi fotografiranje prostora pridajući veliku pažnju osvjetljenju, fokusu i specifičnostima tog prostora

---

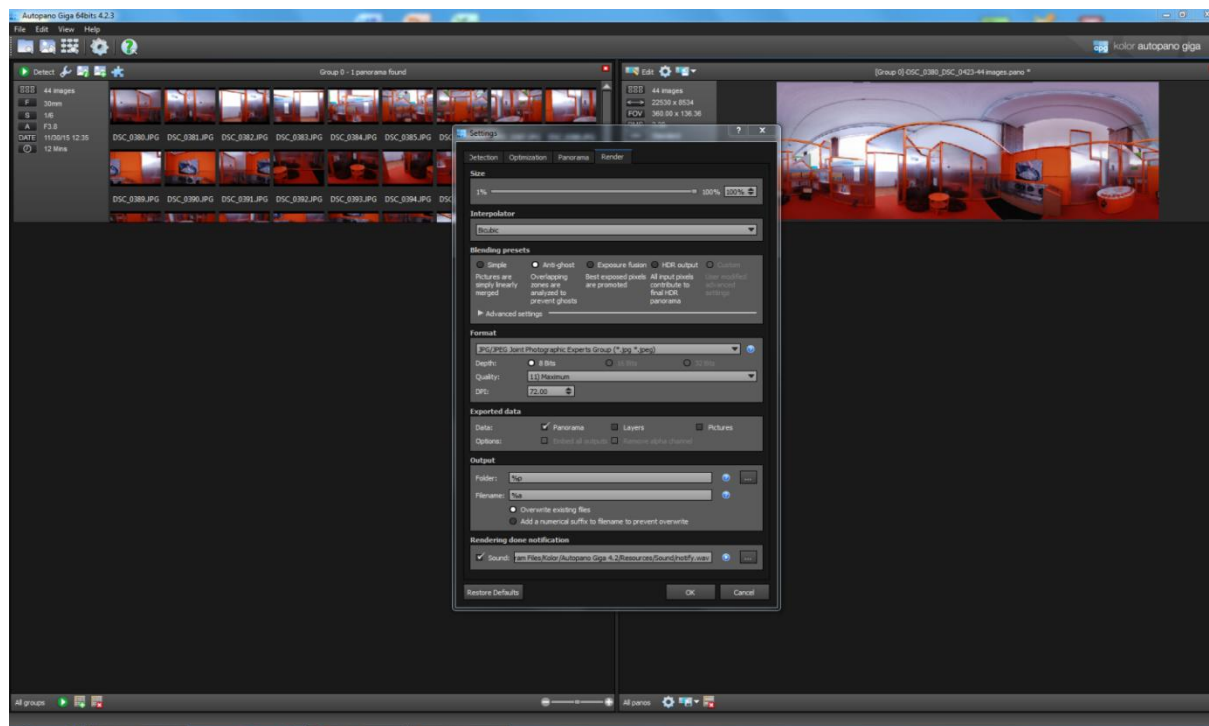
<sup>1</sup> Autopano Giga 4: <http://www.kolor.com/2015/03/30/panorama-software-autopano-pro-giga-4-final>

<sup>2</sup> Panotour Pro 2.3: <http://www.kolor.com/2015/03/11/virtual-tour-software-panotour-panotour-pro-2-3-2-final>

<sup>3</sup> Dermandar: <https://www.dermandar.com/create>

<sup>4</sup> MakeVT: <http://www.makevt.com/>

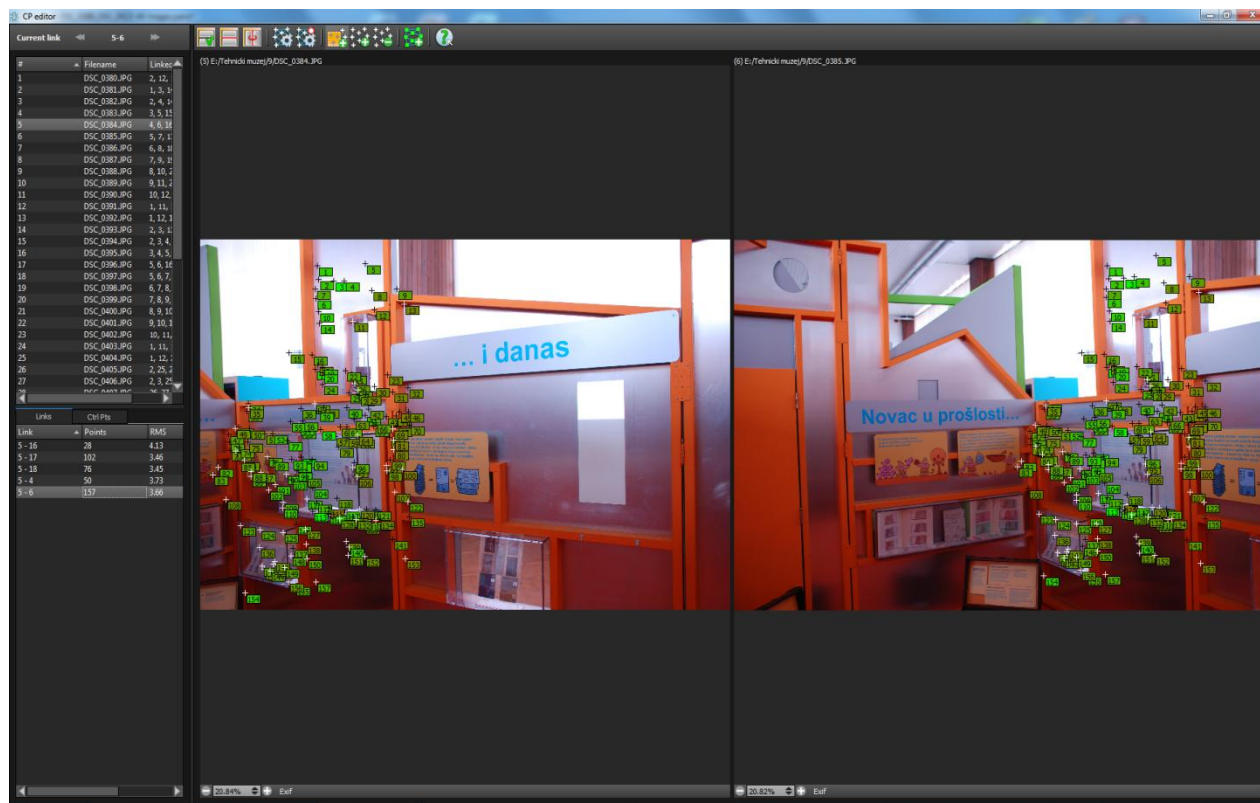
(pomični dijelovi, ravnoća poda, ljudski faktor...), no kako se ovaj rad ne fokusira na aspekte samog fotografiranja, samo je bitno napomenuti da je za kvalitetnu virtualnu šetnju potrebno imati kvalitetan fotografski predložak. Dakle, kao što je već spomenuto, da bismo izradili virtualnu šetnju potrebno je spojiti snimljene fotografije u veću cjelinu, u ovom slučaju panoramu od 360°. Za to ćemo koristiti profesionalni program Autopano Giga 4. Za početak, potrebno je ubaciti sve fotografije koje ćemo koristiti za točku gledišta u sam program, a nakon toga je potrebno odrediti postavke koje će odrediti izgled panorame (slika 14) kao što su kvaliteta (broj piksela po inču; engl. DPI), uklanjanje preklapanja fotografija (engl. anti-ghost), te sama lokacija spremanja panorame.



Slika 14. Unos fotografija u Autopano Giga 4 i određivanje postavki panorame.

Na lijevoj strani slike 14 vidimo sve fotografije koje smo odabrali za ovu panoramu, a na desnoj strani vidimo panoramu prije obrade. Ta obrada se sastoji od izrezivanja (engl. crop) nepravilnih rubova koji su nastali zbog same metode fotografiranja. Ovdje je bitno napomenuti da su korištene fotografije s tri visinske perspektive, počevši s fotoaparatom uperenom u pod i niže dijelove prostorije, zatim na srednje dijelove prostorije, pa u konačnici s najvišim dijelovima. Naravno, korišteno je pravilo trećine i pravilo kretanja u smjeru kazaljke na satu. U prilog ovom

programu ide činjenica da je u mogućnosti uspješno prepoznati i razvrstati fotografije u različite visinske perspektive. Dakle, program na neki način slaže fotografije poput dijelova slagalice dok svaki dio ne dođe na svoje mjesto. U praksi je program vrlo uspješan u tome, a problemi se pojavljuju većinom zbog pogrešaka pri fotografiranju. Način na koji program to radi je pomoću kontrolnih točaka koje se nalaze na dvije susjedne fotografije (slika 15), tj. točaka koje su zajedničke objema fotografijama, a koje program automatski traži i dodjeljuje.



Slika 15. Kontrolne točke između dvije susjedne fotografije.

Zatim, rješavaju se svi problemi, poput nedostataka dijeljenih točaka ili netočnog spajanja fotografija kod kojih program opet nudi nekoliko vrlo učinkovitih alata, od ručnog dodavanja točaka, pa sve do dodatnog automatskog prepoznavanja točaka (mogućnost podešavanja filtra). U konačnici, stvara (engl. render) se konačna verzija panorame (slika16) koju možemo koristiti pri izradi virtualne šetnje te se na prvi pogled čini kako su dijelovi slike iskrivljeni, no to je

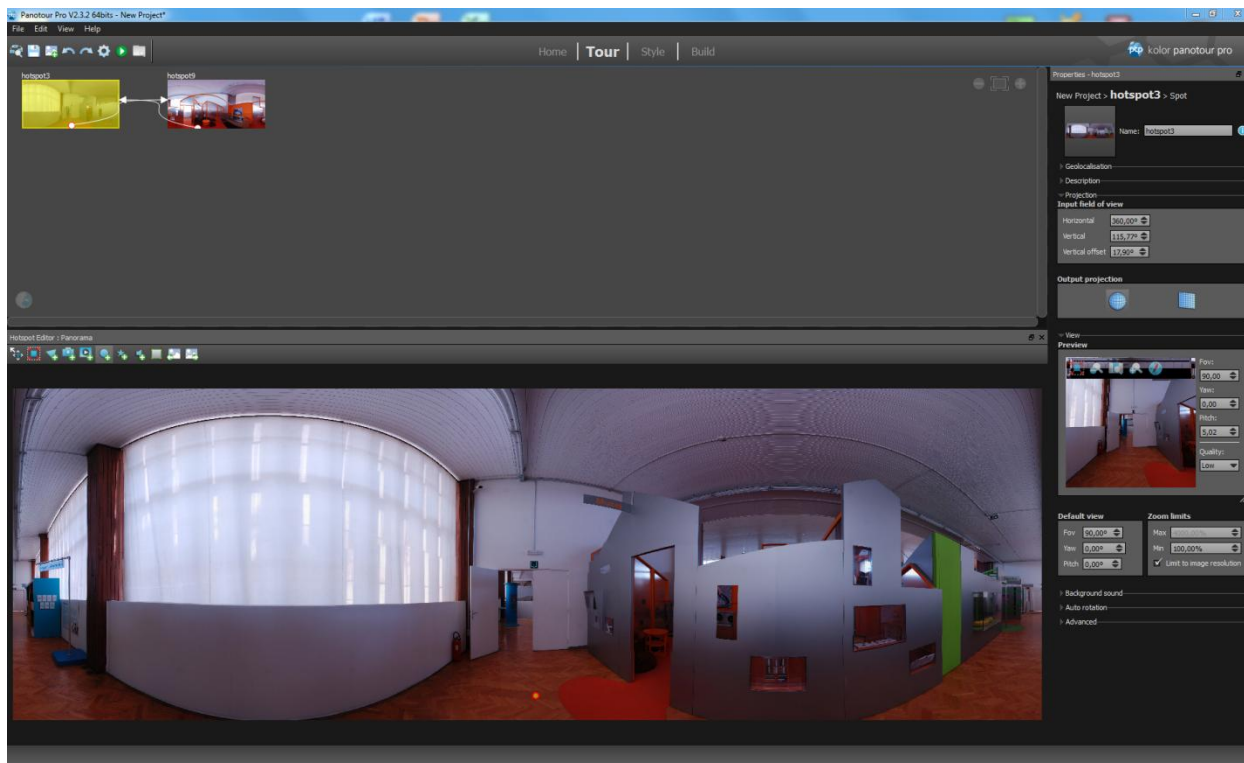


normalna pojava jer se ne može uspješno prikazati pogled od 360° na ravnoj plohi kao što je format obične slike.



Slika 16. Primjer konačne verzije panorame spremne za korištenje(smanjena rezolucija).

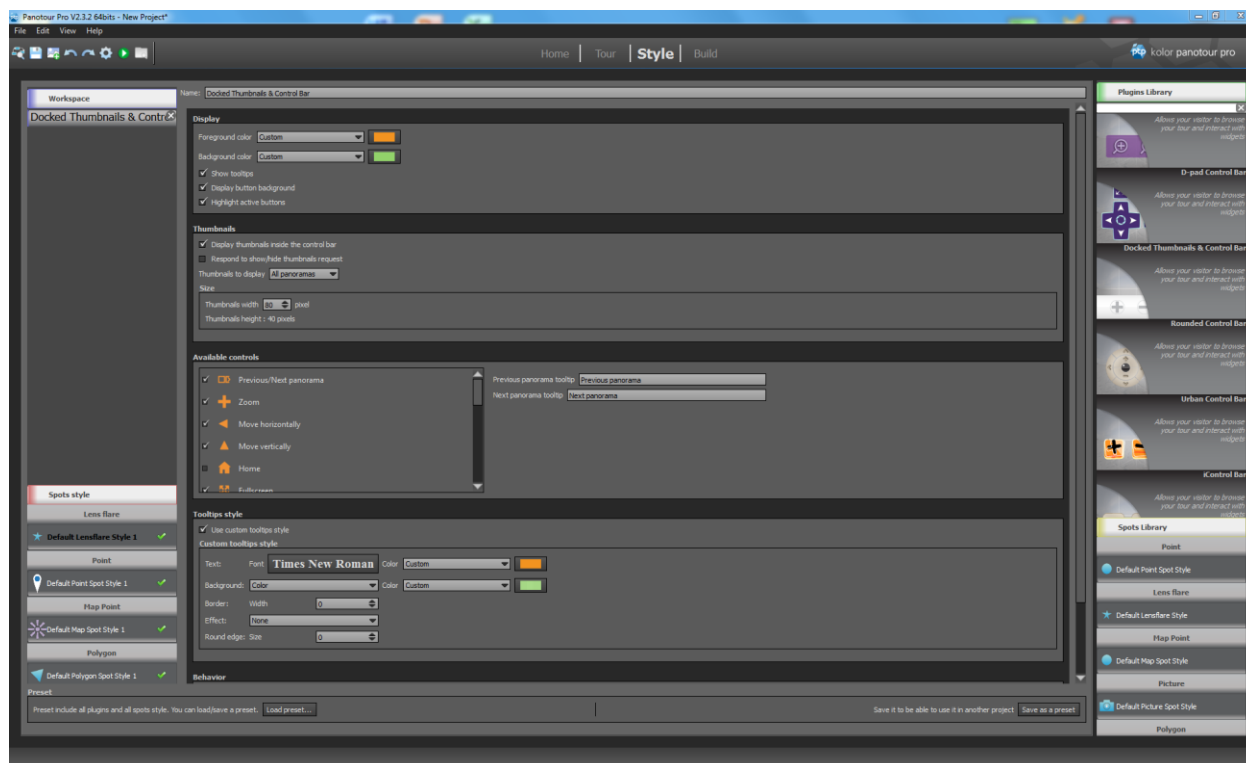
Nakon izrade svih panorama potrebno je urediti odnose između njih i postaviti sve korisničke mogućnosti koje će biti prisutne u virtualnoj šetnji. Za to ćemo koristiti program Panotour Pro 2.4. Kao što se kod programa Autopano na početku unose fotografije koje će se spajati u panorame, tako se kod programa Panotour programa unose panorame koje će se iskoristiti za izradu virtualne šetnje. Tome pridonosi jednostavnost programa, jer su oba programa vrlo intuitivna za korištenje uz minimalističko korisničko sučelje koje uvelike pridonosi pri snalaženju u radu i postizanju željenih rezultata. Nadalje, postavljaju se odnosi između panorama koje sada postaju točke gledišta, potrebno je odrediti početnu točku virtualne šetnje, tok kretanja, ograničiti ili osloboditi apsolutnu slobodu kretanja između točaka(npr. da li će se omogućiti skakanje na bilo koju točku, bilo kojim redoslijedom). Ovdje je bitno napomenuti da se mora pripaziti na broj panorama, tj. ukoliko se želi postaviti velik broj panorama u virtualnu šetnju može doći do kaosa i konfuzije pri uređivanju odnosa između panorama, tj. točaka gledišta u koje se panorame pretvaraju. U Panotour programu je ovaj postupak relativno jednostavan i uključuje povlačenje strelice od jedne točke gledišta do druge i uređivanje mogućnosti kretanja između njih(slika 17).



**Slika 17. Uređivanje mogućnosti kretanja između dvije točke gledišta.**

Kao što je vidljivo na slici 17, postavljena je dvosmjerna (bijela strelica) veza između ove dvije točke gledišta što znači da je korisnicima omogućeno slobodno kretanje između ove dvije točke. Štoviše, ta veza također može biti i jednosmjerna ukoliko se želi odrediti utvrđen put kretanja kroz npr. izložbu u muzeju da bi se postigao željeni efekt na posjetitelje. Također, na slici 17 vidimo malu žutu točku sa crvenim obrubom koja predstavlja mjesto na kojemu će se pojaviti ikona koja nas upućuje na iduću točku gledišta, a time se postiže gladak prijelaz između točaka.

Slijedeći korak je uređivanje samog korisničkog sučelja koje stvaratelju virtualne šetnje u ovom programu pruža popriličan broj opcija i umjetničke slobode. Naime, stvaratelj može odrediti sve najsitnije detalje poput: izgleda ikonice za kretanje i njihovu boju, fonta i veličine teksta koji korisniku pruža više informacija, ubacivanja jednostavnog tlocrta prostorija (poput onog prikazanog na slici 13), postavljanje loga i naziva institucije, dodavanja interaktivnih sadržaja poput video isječaka i igara, i još mnogih drugih (slika 18).



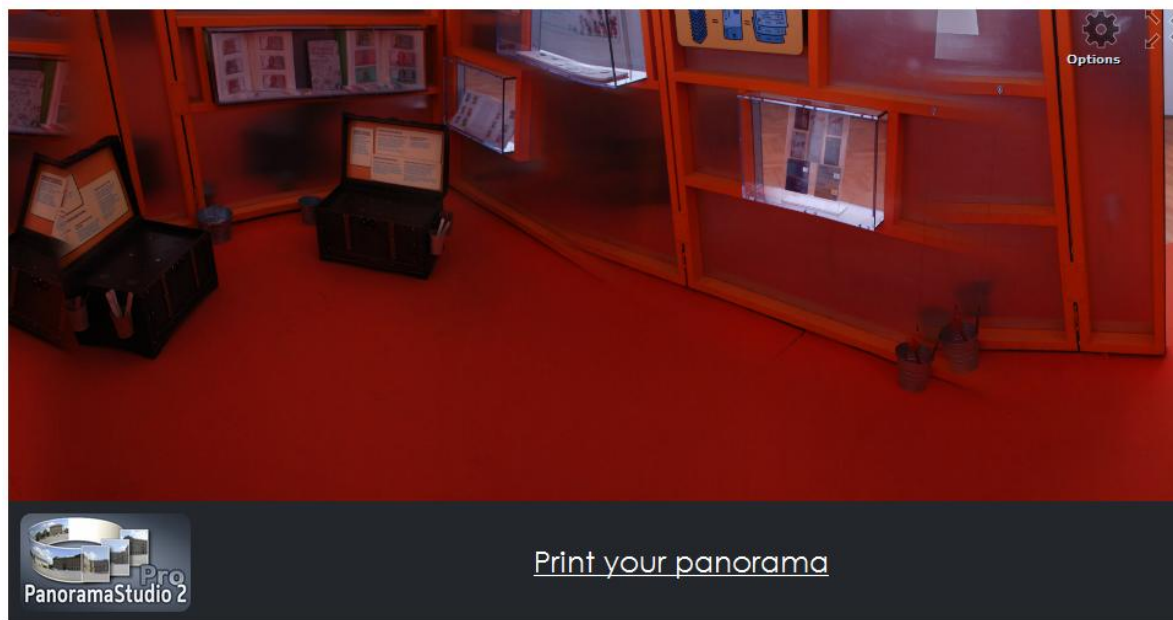
Slika 18. Ponuđene opcije za uređivanje korisničkog sučelja.

Kada su podešeni svi aspekti virtualne šetnje, tj. kada su sve opcije uspješno postavljene, onda započinje posljednji korak, a to je izgradnja (engl. building) i spajanje svih elemenata u jednu koherentnu cjelinu koja se zatim može ponuditi korisnicima. Konačan proizvod rada u ovom paru programa je virtualna šetnja koja se može postaviti na server i ponuditi korisnicima, a primjer takve šetnje je moguće pronaći na ovoj mrežnoj adresi: [http://infoz.ffzg.hr/Stancic/Virtual\\_tours/abecedanovcavo2.html](http://infoz.ffzg.hr/Stancic/Virtual_tours/abecedanovcavo2.html).

## 6.2. Programi sa otvorenim kodom - Dermandar i MakeVT

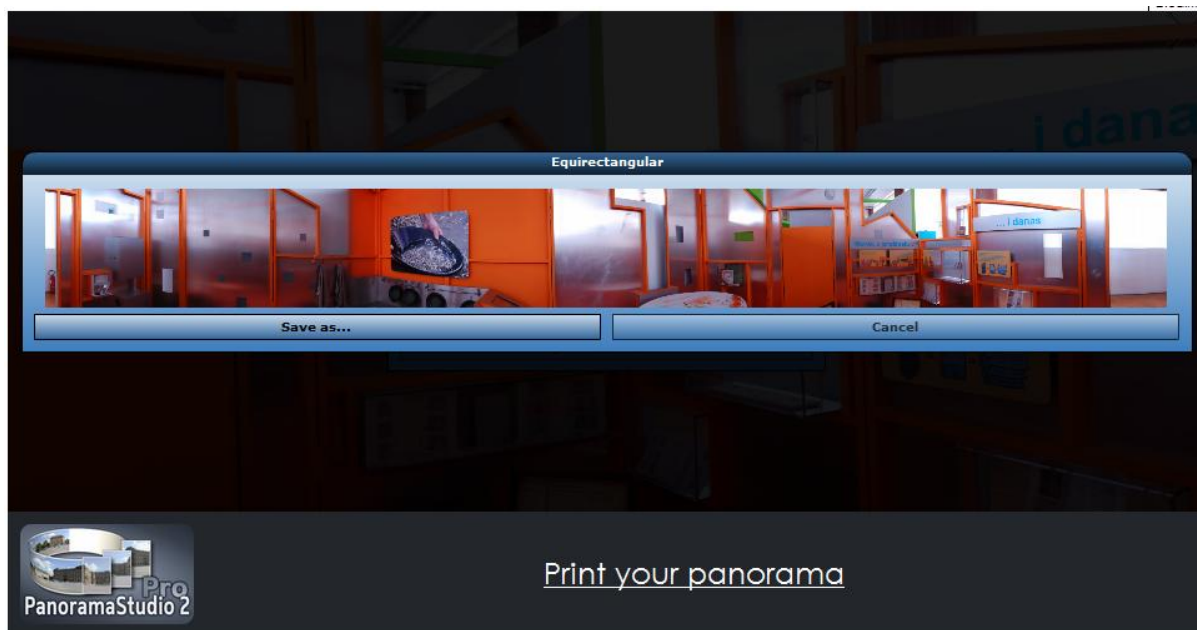
Dermandar predstavlja besplatnu verziju programa, odnosno mrežnog servisa, za spajanje fotografija u jednu cjelinu, u ovom slučaju panoramu. Odabran je za usporedbu radi svoje pristupačnosti jer nije potrebno ništa platiti, preuzeti niti napraviti korisnički račun za njegovo korištenje. Postupak izrade panorame započinje vrlo slično kao i kod profesionalnog programa - odabirom fotografija koje će biti spojene u panoramu. No, ovaj program, za razliku od

profesionalnog, nije u stanju spojiti nizove fotografija sa različitim visinskih perspektiva, dakle, potrebno je odabrati perspektivu koja najbolje dočarava prostor oko točke gledišta. U suprotnom, program pokušava kompenzirati i spojiti sva, u ovom slučaju, tri niza u jedan, te kao što je vidljivo na slici 19, dolazi do iskrivljavanja prostora i kaosa.



Slika 19. Primjer nepravilnog spajanja fotografija u panoramu.

No, ukoliko se u program ubaci samo jedan od, ovom slučaju tri , niza, onda je program u mogućnosti spojiti sve fotografije u kvalitetnu panoramu (slika 20).



Slika 20. Primjer uspješno izrađene panorame.

Stoga se može zaključiti da je besplatna opcija, Dermandar, ipak poprilično u zaostatku za profesionalnim Autopano programom, no ipak može poslužiti za jednostavnije projekte ili za vježbu izrade panorama. Ovaj mrežni servis zapravo koristi pojednostavljenu verziju programa PanoramaStudio 2, no uspoređivan je kao čitav servis pod imenom svoje domene jer taj program čini samo dio usluge. Dermandar servisu ide u korist činjenica da je izuzetno jednostavan za korištenje i nema gotovo nikakvih komplikacija niti ograničenja pri njegovu korištenju, što je rijetkost.

Idući korak je spajanje panorama u virtualnu šetnju, a besplatna opcija odabrana za ovaj rad je MakeVT. Mrežni servis MakeVT je u potpunosti besplatan i također nije potrebno nikakvo preuzimanje datoteka, no potrebno je napraviti korisnički račun da bi se dobio pristup izradi virtualnih šetnji.

## Simple steps of virtual tour creation

### 1. Upload spherical or cylindrical panoramas

You can choose and upload several panoramas at the same time. Learn how to shoot and stitch panoramas with [camera](#) or [smartphone](#). You will achieve the best result with panoramas size from 6000\*3000 pixels. You can upload .jpg images with size up to 50mb. After you chose the files, wait while the "running circle" icon will dissapear and look for your panoramas in hotspot editor.

Upload panoramas

### 2. Create links between panoramas

Via Hotspot Editor it's easy to make transitions between panoramas and connect them into the united tour. Also you may add pop-up images, texts and external links. [Watch 5 min video tutorial](#)

Go to Hotspot Editor

### 3. Publish your Virtual Tour and share it

Publish your virtual tour and view the result (publish the tour every time you want to let the people see the new version). Share it via Twitter and Facebook, embed it in your blog or site or just show people the link to it.

Publish Tour

### 4. Upgrade your tour

We can upgrade your tour to working on mobile phones and tablets, add custom design and other features.

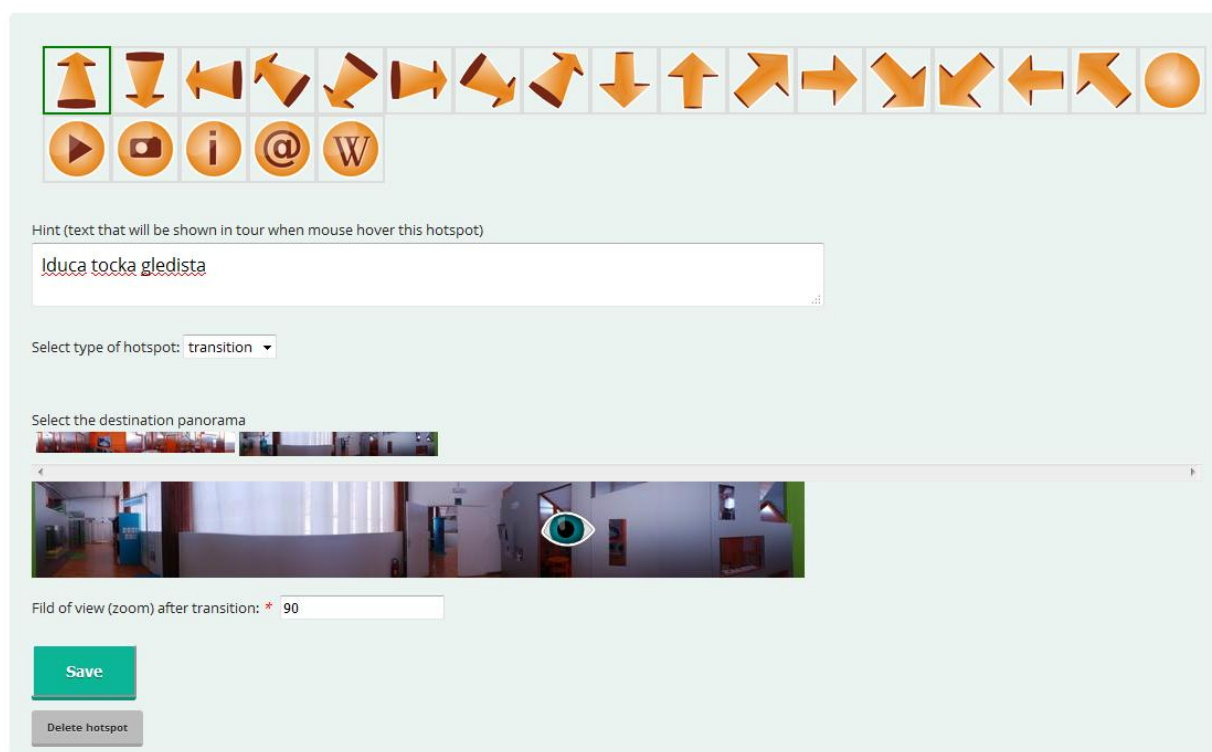
Upgrade

**Slika 21. Koraci izrade virtualne šetnje u mrežnom servisu MakeVT.**

Za ovaj mrežni servis postoji i mogućnost unaprjeđenja u plaćenu verziju kojom otključavamo dodatne opcije koje su općenito slične onima iz programa Panotour, no ipak se ne mogu mjeriti s opsegom i učinkovitosti Panotour palete mogućnosti.

Za početak, MakeVT je izrazito jednostavan servis za korištenje, te se nakon registracije korisničkog računa odmah može početi s izradom virtualne šetnje. Početni okvir, u kojem su pobrojani svi koraci izrade virtualne šetnje je vidljiv na slici 21, te se čak nudi korisnička podrška u obliku edukativnih video isječaka koji pomažu u radu s ovim servisom. Postupak je, naravno, vrlo sličan onom u Panotour programu - prvo je potrebno odrediti sve panorame koje želimo spojiti u virtualnu šetnju, zatim se uređuju odnosi između tih panorama i izrađuje korisničko sučelje (slika 22). Idući korak je sama izgradnja panorame i njeno moguće objavljivanje na

servisu. Primjer virtualne šetnje sa dvije točke gledišta izrađene u MakeVT servisu je moguće pronaći na ovoj mrežnoj adresi: <http://www.makevt.com/media/tourmaker/wzgcuoiljke/>.



Slika 22. Mogućnosti uređivanja točaka gledišta.

Zaključno, Make VT je pristupačan i jednostavan servis za korištenje, koji čak i ima osnove korisničke podrške i edukacije, no ipak je dosta skromniji od profesionalnog Panotour programa u svojim mogućnostima i performansama. Štoviše, Autopano Giga i Panotour Pro imaju vrlo razvijenu korisničku podršku, sa mnoštvom edukativnih sadržaja, video isječaka, primjera rada i opisima mogućnosti svakog programa.



## **7. Zaključak**

Ovim radom su se pokušali pojasniti i prikazati svi koraci koji su potrebni pri korištenju modernih tehnologija za digitalizaciju prostora u svrhu očuvanja, zaštite ali i povećanja pristupačnosti važnih lokaliteta i objekata u području kulturne baštine. Digitalizacija prostora predstavlja velik izazov za modernu arhivsku službu u smislu dugoročnog očuvanja takvih produkata no smatram da je to izazov koji itekako vrijedi savladati, jer su rezultati izuzetno vrijedni i korisni. Uzme li se za primjer dva projekta koji su spomenuti u radu, Palmosa i Paestum, koji se oba nalaze na prostoru Italije, za koju se zna da je izuzetno tektonski nestabilna, postaje jasno zašto upravo digitalizacija prostora pruža neku vrstu sigurnosti u očuvanju makar detaljnog prikaza takvih zdanja. Do prije par desetaka godina od povijesnih objekata velikog značaja postojali su samo tekstualni zapisi, nacrti ili eventualno fotografije upitne kvalitete koje prikazuju samo jedan mali dio tih građevina i prostora koji ih okružuje. Tehnologija i dalje napreduje i otvaraju se nove, zanimljive mogućnosti koje samo treba znati iskoristiti.



## **8. Sažetak i ključne riječi**

Ovaj rad se bavi temom digitalizacije prostora i načina na koji ona funkcionira. Pobrajene su metode koje se mogu koristiti pri digitalizaciji prostora i objašnjene su mogućnosti koje se pružaju. Također, dani su primjeri projekata koji su realizirani koristeći inovativne tehnologije i napredne pristupe rješavanju problema u svrhu digitalizacije prostora i očuvanja vrijednih povijesnih i kulturnih objekata i nalazišta. U radu su isto tako uspoređena i opisana dva para programa koji se mogu koristiti za izradu virtualnih šetnji, koje predstavljaju jedan oblik digitalizacije prostora. Jedan par je bio profesionalni par programa koji se plaća, a drugi par programa je bio besplatan i dostupan za korištenje.

Ključne riječi: digitalizacija, prostor, fotogrametrija, skener, virtualna šetnja, očuvanje, spomenik

## **9. Abstract and key words**

This thesis analyzes digitization of space and the way it works. Listed in the thesis are the techniques which can be used to digitize space and their capabilities are explained. Also, various completed projects which use innovative technologies and advanced problem solving in digitization of sites and valuable historic and cultural objects are analyzed. Furthermore, two pairs of programs are used to create virtual tours, which represent a type of space digitization, are described and compared. One pair is a professional set of programs for which one needs a paid license, and the other pair is free to use.

Key words: digitization, space, photogrammetry, scanner, virtual tour, preservation, monument

## 10. Izvori

1. Alsadik, B. 2014. Guided close range photogrammetry for 3D modelling of cultural heritage sites. University of Twente.  
< [https://www.itc.nl/guided\\_close\\_range\\_photogrammetry\\_3D\\_modeling](https://www.itc.nl/guided_close_range_photogrammetry_3D_modeling) > (Posljedni pristup: 25.3.2017.)
2. Auger, S. 2010. Palmyra. Reuters.  
<<http://www.reuters.com/news/picture/palmyra-before-and-after-isis?articleId=USRTSCQPG>> (Posljednji pristup: 25.3.2017.)
3. Balaško, B. Kapela Svetog Jakova – Gorjani Sutinski.  
<[http://www.zagorjepublic.com/PD\\_STUBAKI/marijanski\\_hodoeasnieki\\_put/PUT\\_BR\\_1/put\\_br\\_1.html](http://www.zagorjepublic.com/PD_STUBAKI/marijanski_hodoeasnieki_put/PUT_BR_1/put_br_1.html) > (Posljedni pristup: 25.3.2017.)
4. El-Hakim, S.F., Beraldin, J.A., Picard, M., Godin, G. 2004. Detailed 3D Reconstruction of Large-Scale Heritage Sites with Integrated Techniques. IEEE Computer Graphics and Applications, Svibanj/Lipanj 2004., str. 21-28.  
<<https://pdfs.semanticscholar.org/e4c5/d7d9d57d1914766280b2c93c15ba9ee41c6d.pdf> > (Posljednji pristup: 24.3.2017.)
5. Fiorillo F., Remondino F., Barba S., Santoriello A., De Vita C.B., Casellato A. 2013. 3D Digitization and Mapping of Heritage Monuments and Comparison with Historical Drawings. XXIV International CIPA Symposium, 2.-6. Rujna 2013., Strasbourg, Francuska, str. 133-138.  
<<http://www.isprs-ann-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/II-5/W1/133/2013/isprsannals-II-5-W1-133-2013.pdf> > (Posljednji pristup: 24.3.2017.)
6. Gordon, P. and Toth C.K. 2009. Topographic Laser Ranging and Scanning Principles and Processing. Boca Raton: CRC Press, str. 87-128.  
< [ftp://ftp.ecn.purdue.edu/jshan/Zproject/proofs/03/51423\\_C003\\_CT.pdf](ftp://ftp.ecn.purdue.edu/jshan/Zproject/proofs/03/51423_C003_CT.pdf) > (Posljednji pristup: 24.3.2017.)
7. Linder, W. 2016. Digital Photogrammetry a Practical Course. Heidelberg: Springer-Verlag, Fourth Edition, str .1-2.

<[https://books.google.ie/books?id=d\\_h6DAAAQBAJ&pg=PA3&dq=photogrammetry&hl=hr&sa=X&ved=0ahUKEwIU24K2wOfPAhXIDcAKHciqBg8Q6AEIIDAB#v=onepage&q=photogrammetry&f=false](https://books.google.ie/books?id=d_h6DAAAQBAJ&pg=PA3&dq=photogrammetry&hl=hr&sa=X&ved=0ahUKEwIU24K2wOfPAhXIDcAKHciqBg8Q6AEIIDAB#v=onepage&q=photogrammetry&f=false)> (Posljednji pristup: 24.3.2017.)

8. Mallison, H. 2013. Photogrammetry tutorial 3: turntables.

<<https://dinosaurpalaeo.wordpress.com/2013/12/20/photogrammetry-tutorial-3-turntables/>> (Posljednji pristup: 25.3.2017.)

9. Staiger, R.. 2003. Terrestrial laser scanning—Technology, systems and applications. Second FIG Regional Conference, Marakeš, Maroko, 2.-5. Prosinca, 2003., str. 4.

<[https://www.fig.net/resources/proceedings/fig\\_proceedings/morocco/proceedings/TS12/TS12\\_3\\_staiger.pdf](https://www.fig.net/resources/proceedings/fig_proceedings/morocco/proceedings/TS12/TS12_3_staiger.pdf)> (Posljednji pristup: 24.3.2017.)

10. Westoby, M.J., Brasington, J., Glasser N.F., Hambrey, M.J., Reynolds, J.M. 2012. 'Structure-from-Motion' Photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications. *Geomorphology*, Volume 179, 15.12.2012.

< <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169555X12004217> > (Posljedni pristup: 25.3.2017.)

## Popis slika:

Slika 1. Primjer pravilnog korištenja fotogrametrije. ....	4
Slika 2. Primjer više gledišta na zadanom prostoru. ....	6
Slika 3. Teorijski prikaz primjene fotogrametrije na stvarnom objektu. ....	7
Slika 4. Visinske perspektive fotografiranja manjih objekata. ....	8
Slika 5. Podjela statičnih skenera na panoramski, hibridni i kamera skener (Steiger,2003). ....	10
Slika 6. Palmira prije razaranja. ....	12
Slika 7. Samostan u Pomposi fotografiran iz zraka. ....	14
Slika 8. Primjer tehnike spajanja TLS metode i fotografija kao teksture. ....	15
Slika 9. Povijesno nalazište Paestum sa tri antička hrama. ....	16
Slika 10. Bepilotna letjelica u letu korištena na projektu Paestum.....	17
Slika 11. 3D prikaz Neptunova hrama u Paestumu. ....	18
Slika 12. Korisničko sučelje virtualne šetnje sa dodatnim podacima za odabranu sliku. ....	19
Slika 13. Točka gledišta i plan prostorija kojima se možemo kretati u virtualnoj šetnji. ....	20
Slika 14. Unos fotografija u Autopano Giga 4 i određivanje postavki panorame.....	22
Slika 15. Kontrolne točke između dvije susjedne fotografije.....	23
Slika 16. Primjer konačne verzije panorame spremne za korištenje(smanjena rezolucija).....	24

Slika 17. Uređivanje mogućnosti kretanja između dvije točke gledišta. ....	25
Slika 18. Ponuđene opcije za uređivanje korisničkog sučelja. ....	26
Slika 19. Primjer nepravilnog spajanja fotografija u panoramu. ....	27
Slika 20. Primjer uspješno izrađene panorame. ....	28
Slika 21. Koraci izrade virtualne šetnje u mrežnom servisu MakeVT. ....	29
Slika 22. Mogućnosti uređivanja točaka gledišta.....	30